

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Chul-Hwan KIM et al.

Title: METHOD FOR DETECTING FAULT ON TRANSMISSION LINES BY
USING HARMONICS AND STATE TRANSITION DIAGRAM

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: 12/10/2003

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Patent Application No. 10-2003-0047071
filed July 11, 2003.

Respectfully submitted,

Date: December 10, 2003

By  _____

FOLEY & LARDNER
Customer Number: 22428
Telephone: (202) 672-5485
Facsimile: (202) 672-5399

William T. Ellis
Attorney for Applicant
Registration No. 26,874



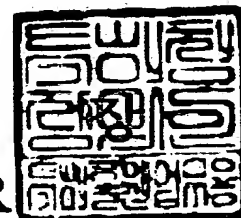
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 :	10-2003-0047071
Application Number	
출원년월일 :	2003년 07월 11일
Date of Application	JUL 11, 2003
출원인 :	학교법인 성균관대학
Applicant(s)	SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY

2003년 11월 21일

특 허 청
COMMISSIONER



온라인발급문서(발급문일자:2003.11.21 발급번호:5-5-2003-017436219)

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.07.11
【발명의 명칭】	전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법
【발명의 영문명칭】	Fault detecting method using harmonics and state transition diagram on transmission lines
【출원인】	
【명칭】	학교법인 성균관대학
【출원인코드】	2-2000-046202-2
【대리인】	
【성명】	이상찬
【대리인코드】	9-2000-000345-4
【포괄위임등록번호】	2001-008301-7
【대리인】	
【성명】	박기환
【대리인코드】	9-2000-000370-4
【포괄위임등록번호】	2001-008294-1
【대리인】	
【성명】	이희명
【대리인코드】	9-2000-000307-8
【포괄위임등록번호】	2001-008297-2
【대리인】	
【성명】	신양환
【대리인코드】	9-2000-000371-1
【포괄위임등록번호】	2001-008299-7
【대리인】	
【성명】	윤여표
【대리인코드】	9-2000-000372-7
【포괄위임등록번호】	2001-008304-9

【발명자】

【성명의 국문표기】 김철환
 【성명의 영문표기】 KIM,CHUL HWAN
 【주민등록번호】 610110-1052310
 【우편번호】 463-010
 【주소】 경기도 성남시 분당구 정자동 112 한솔마을 506동 1024호
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 허정용
 【성명의 영문표기】 HEO,JEONG YONG
 【주민등록번호】 741228-1057717
 【우편번호】 152-021
 【주소】 서울특별시 구로구 가리봉1동 136-18
 【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 이상찬 (인) 대리인
 박기환 (인) 대리인
 이희명 (인) 대리인
 신양환 (인) 대리인
 윤여표 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원
 【가산출원료】 17 면 17,000 원
 【우선권주장료】 0 건 0 원
 【심사청구료】 11 항 461,000 원
 【합계】 507,000 원
 【감면사유】 학교
 【감면후 수수료】 253,500 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법에 대해 개시한다. 본 발명은, 전송선로에서 고장이 발생하였을 때, 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법에 관한 것이다. 정상상태 특성인 피상 임피던스와 과도상태 특성인 고조파 성분 크기의 합을 이용하여 2개의 로직 신호를 출력한다. 그리고, 2개의 로직 신호를 상태천이도의 입력으로 사용하면, 계통의 상태에 따라 상태천이 되는 과정에서 계통의 상태를 추정할 수 있음을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 부하의 증가 또는 전압 불안정 등과 같은 상태에서 거리 계전기의 오동작을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 고조파와 상태천이도를 사용함으로써 계통의 상태를 추정할 수 있고, 전송선로의 고장을 보다 신뢰성 있게 검출할 수 있는 장점이 있다.

【대표도】

도 3

【색인어】

전송선로, 고조파, 상태천이도, 고장검출

【명세서】

【발명의 명칭】

전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법{Fault detecting method using harmonics and state transition diagram on transmission lines}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래기술에 따른 거리 계전기의 임피던스 평면에서 피상 임피던스의 궤적을 나타낸 도면.

도 2는 종래 기술에 따른 전력계통의 상태에 따른 피상 임피던스의 궤적을 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 전체적인 블록도.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 신호 S와 T를 이용하여 고장을 검출하는 상태천이도.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 계통상태에 따른 신호 S, T의 변화를 나타낸 도면.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 154kV의 3모선 양단계통도.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 전류의 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면.

도 16은 본 발명의 실시예에 따른 전체적인 흐름을 나타낸 블록도.

도 17은 본 발명의 실시예에 따른 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이를 나타낸 상태천이도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

S100 : 진입확인신호 및 임계확인신호 발생단계

S200 : 진입확인신호 및 임계확인신호 상태천이단계

S300 : 판정단계

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<22> 본 발명은 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법에 관한 것으로, 특히 전력계통의 고조파와 상태천이도를 이용하여 고장을 정확하게 검출하기 위해, 정상상태 특성의 피상 임피던스와 과도상태 특성인 고조파를 상태천이도의 입력으로 사용하여, 계통의 상태를 추정하여 전압 불안정, 과부하 등의 상태에서도 선로의 고장을 검출할 수 있는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법에 관한 것이다.

<23> 거리 계전기는 선로의 전압과 전류를 사용하여 계산된 피상 임피던스를 이용한다. 선로상에 지락고장, 단락고장 등의 고장이 발생하면, 거리 계전기의 피상 임피던스는 작은 값으로 줄어들게 되고, 이렇게 작아진 피상 임피던스가 일정한 존(zone) 영역에 들어가게 되면 고장으로 판단한다. 도 1을 보면 고장 발생에 의한 피상 임피던스의 궤적을 나타낸다. 고장 후에 수렴되는 피상 임피던스의 위치는 거리 계전기에서 고장 지점까지의 거리에 따라 달라진다. 따라서, 피상 임피던스의 위치를 이용하여 고장 여부와 고장 거리를 판단할 수 있다.

<24> 한편, 상기 거리 계전기의 오동작에 대해 설명하면, 전송선로에 전력계통의 부하가 증가하면 전압은 감소하고 전류는 증가하게 되며, 거리 계전기에서 계산된 피상 임피던스는 감소하게 된다. 부하가 계속해서 증가하면 피상 임피던스가 존 영역으로 들어갈 수 있다. 고장이 아닌 부하의 증가에 의해 피상 임피던스가 존 영역에 들어가는 현상을 부하 침범(load encroachment)이라고 하며, 이와 같은 부하 침범에 의해 거리 계전기는 오동작을 하게 된다. 또한, 전압 불안정 현상이 발생하여 전압이 감소하고 전류가 증가하면 피상 임피던스가 존에 침범할 수 있다.

<25> 이러한 오동작은 존 영역의 가장 바깥에 위치하는 감지구간인 존(zone)3에서 발생할 가능성이 가장 많다.

<26> 종래에는 전송선로의 고장을 검출하기위해서 고주파 대역을 갖는 트랩(Trap)과 튜너(Tuner)를 설계하여 선로양단에 설치한 후, 고주파 성분에서 추출된 억제신호와 동작신호를 이용하여 전송선로의 고장을 검출하고 판별하였으나, 고주파 성분을 추출하기 위해서는 별도의 하드웨어 추가가 필요하며, 고주파 성분만으로는 신뢰성 있는 고장 검출이 어렵다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<27> 따라서, 본 발명의 목적은 전송선로에서 고장이 발생하였을 때 고조파와 상태천이도를 이용하여 정상상태 특성인 피상 임피던스와 과도상태 특성인 고조파 성분 크기의 합을 이용하여 2개의 로직 신호를 출력하고, 상기 2개의 로직 신호를 상태천이도의 입력

으로 사용하면, 계통의 상태에 따라 상태천이도의 상태천이가 발생함에 따라 계통의 상태를 추정할 수 있고, 부하의 증가 또는 전압 불안정 등과 같은 상태에서 거리 계전기의 오동작을 방지할 수 있는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법을 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<28> 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법은, 전력 전송선로에서 전력계통의 전압과 전류를 이용하여 피상 임피던스의 궤적이 존(zone)으로의 진입 여부에 따른 진입확인신호가 발생되고, 상기 전송선로의 고조파 성분 크기의 합을 구하여, 기 설정된 임계값의 초과 여부에 따른 임계확인신호가 발생하는 진입확인신호 및 임계확인신호 발생단계와,

<29> 상기 진입확인신호와 임계확인신호를 상태천이도에 적용시켜 진입확인신호와 임계확인신호의 변화에 따라 상태천이가 발생하는 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이 단계 및

<30> 상기 상태천이도에서 진입확인신호와 임계확인신호에 따른 상태천이 과정을 판독하여, 전력계통의 상태를 추정하고 고장, 비고장 또는 고장이 아닌 부하의 증가에 의해 피상 임피던스의 궤적이 존(zone)영역으로 들어가는 현상인 부하침범 등을 구분하는 판정 단계로 이루어지는데,

<31> 상기 임계확인신호는 고조파 성분 크기의 합인 $H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$ 으로 계산되어 발생되며,

<32>

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk}$$

이때, 고조파 성분인 $= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)$ 로 정의되며,

$$W_N = e^{-j(2\pi/N)}, \quad x_k = x[t - (N-1) + k] \text{ 이다.}$$

<33>

한편, 상기 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이 단계는 초기상태에서 상기 진입확인신호와 임계확인신호의 입력에 대해 부하의 증가에 따라 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지면 부하침범상태로 천이되거나, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 고장발생 진행상태로 천이되는 단계와,

<34>

상기 고장발생 진행상태로 천이된 후에 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소하여 존(zone) 3 밖으로 나가거나 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작아지면 초기상태로 천이되거나, 임계값을 넘어선 상태에서 부하가 증가하여 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지면 고장상태로 천이되는 단계와,

<35>

상기 고장상태로 천이된 후에 시간지연에 따라 차단기가 트립되는 차단기 트립상태로 천이되거나, 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하가 감소되어 존(zone) 3 밖으로 진입하게 되면 초기상태로 천이되거나, 부하가 증가된 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 고장제거진행상태로 천이되는 단계 및

<36>

상기 고장제거진행상태로 천이된 후에 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 증가에 따라

존(zone) 3으로의 진입을 유지한 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작게되면 상기 고장상태로 천이되는 단계를 진행할 뿐만 아니라,

<37> 상기 부하침범상태로 천이된 이후에 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입이 이루어지면 초기상태로 천이되거나, 부하의 증가에 따라 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지고, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 1차 부하차단 또는 고장상태로 천이되는 단계와,

<38> 상기 1차 부하차단 또는 고장상태로 천이된 후에 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입이 이루어지고, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작아지면 초기상태(S1)로 천이되거나, 부하의 증가가 유지되면 부하차단 진행상태와, 2차 부하차단 또는 고장상태를 선택적으로 천이되는 단계 및

<39> 상기 2차 부하차단 또는 고장상태로 천이된 후에 시간지연에 따라 상기 고장상태로 천이되거나, 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로 진입된 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 상기 부하차단 진행상태로 천이되는 단계를 더 진행하고,

<40> 또한, 상기 부하차단진행상태로 천이된 이후에 상기 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입되고 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다

작아질 경우에는 초기상태로 천이되거나, 부하의 증가가 그대로 유지하게 되면 고장발생 진행상태로 천이되는 단계를 더 진행하며,

<41> 상기 판정단계는 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 고장발생 진행상태 - 고장상태 - 차단기 트립상태로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 고장이 발생한 상태에서 시간지연에 따라 고장이 제거되지 않아 차단기가 트립된 것으로 판정하고,

<42> 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 고장발생 진행상태 - 고장상태 - 고장제거 진행상태 - 초기상태 또는 초기상태 - 고장발생 진행상태 - 고장상태 - 초기상태로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 고장이 발생한 상태에서 주보호에 의해 고장이 제거됨으로 판정하고,

<43> 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 부하침범상태 - 초기상태로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가된 상태에서 존(zone) 3의 영역에서 벗어나 부하가 감소된 것으로 판정하고,

<44> 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 부하침범상태 - 1차 부하차단 또는 고장상태 - 2차 부하차단 또는 고장상태 - 초기상태로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가된 상태에서 고장이 발생한 후 부하가 차단됨으로 판정하고,

<45> 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 부하침범상태 - 1차 부하차단 또는 고장상태 - 2차 부하차단 또는 고장상태 - 고장상태 - 차단기 트립상태로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가

된 상태에서 고장이 발생된 후 시간지연에 따라 고장이 제거되지 않아 차단기가 트립되는 것으로 판정하고,

<46> 상기 입력되는 진입확인신호와 임계확인신호에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태 - 고장발생상태 - 초기상태로 천이되면, 고장이 발생하는 도중 부하가 차단되었음으로 판정함이 바람직할 것이다.

<47> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명한다.

<48> 도 1은 종래기술에 따른 거리 계전기의 임피던스 평면에서 피상 임피던스의 궤적을 나타낸 도면으로서, 전송선로 상에서 고장이 발생하기 전에는 피상 임피던스가 존(zone) 영역 밖에 위치하고 있지만, 고장이 발생하면 피상 임피던스가 존(zone) 영역 안으로 진입하게 된다. 이와 같은 존(zone) 영역으로의 진입을 이용하여 고장을 검출하게 된다.

<49> 고장발생거리가 가까울수록 피상 임피던스는 원점에 근접하게 된다. 이때, 원점에서 피상 임피던스의 수렴위치사이의 거리는 고장발생거리에 비례하기 때문에, 원점을 기준으로 존(zone) 영역을 나누면 고장발생위치에 따라 차단기 투입 지연시간을 조절할 수 있다.

<50> 현재 일반적으로 사용되고 있는 거리 계전기는 존(zone) 1, 존(zone) 2, 존(zone) 3의 3단계로 나누고 각각 0초, 0.2초, 2초의 지연시간을 적용하고 있다.

- <51> 도 2는 종래 기술에 따른 전력계통의 상태에 따른 피상 임피던스의 궤적을 나타낸 도면으로서, 도 2에서의 점선은 부하의 증가 또는 감소와 같은 점진적으로 변화하는 정상상태 변화를 나타낸다. 그리고, 실선은 고장발생, 고장제거, 부하차단과 같은 과도상태 변화를 나타낸 것으로써 피상 임피던스가 급격하게 변화한다.
- <52> 과도상태 변화 중에는 큰 고조파 성분이 발생하고, 고조파를 검출하여 과도상태 여부를 판단하게 된다.
- <53> 도 3은 본 발명의 전체적인 블록도로서, 전송선로의 계기용변압기(PT)와 전류용 변전기(CT)를 통해 전압과 전류가 입력된다.
- <54> "정상상태 특성을 이용한 고장검출" 블록에서는 피상 임피던스와 존(zone)을 이용하여 피상 임피던스의 존(zone) 진입 여부의 로직 신호인 진입확인신호(S)가 출력된다. 즉, 피상 임피던스가 존(zone)에 진입하면 1의 신호가 출력되고, 그렇지 않으면 0의 신호가 출력된다.
- <55> 한편, 도면의"과도상태 특성을 이용한 고장검출" 블록에서는 아래의 식 1과 식 2를 사용하여 고조파 성분 크기의 합을 구하고,

<56> [식 1]

$$\begin{aligned}
 X(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk} \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)
 \end{aligned}
 \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

<58> 상기 식 1에서 $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$, $x_k = x[t - (N-1) + k]$, $X(n)$ 은 고조파 성분이다.

<59> [식 2]

<60>
$$H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

<61> 고조파 성분 크기 합이 임계값 초과 여부에 따른 로직 신호인 임계확인신호(T)가 출력된다. 즉, 고조파 성분 크기의 합이 임계값을 넘을 때는 "1"의 신호가 출력되고, 그렇지 않으면 "0"의 신호가 출력된다.

<62> 상기 "고장검출" 블록에서는 로직 신호인 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)를 상태천이도(도 4 참조)의 입력으로 사용하고, 상태천이도의 출력값을 최종적인 고장검출 출력 신호로 출력한다.

<63> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 신호 S와 T를 이용하여 고장을 검출하는 상태천이도로서, 상기 도 3의 "고장검출" 블록에서, 입력된 신호인 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)를 이용하여 고장을 검출하는 상태천이도이다.

<64> 정상상태 특성을 이용한 고장검출 신호인 진입확인신호(S)와 과도상태 특성을 이용한 고장검출 신호인 임계확인신호(T)에 의해서 상태의 변화가 발생한다.

<65> 아래의 표 1에서와 같이 고장발생, 부하증가 등과 같은 상태에서 상태천이가 발생한다.

<66> 【표 1】

	사 건	상태 천이
1	고장 발생 → 2초동안 고장이 제거되지 않음	①-②-③-⑨
2	고장 발생 → 주보호에 의해 고장이 제거됨	①-②-③-④-① ①-②-③-①
3	부하 증가 → 부하 감소	①-⑤-①
4	부하 증가 → 부하 차단	①-⑤-⑥-⑧-①
5	부하 증가 → 고장 발생	①-⑤-⑥-⑧-③-⑨
6	부하 차단	①-②-①
..

<67> 상기에서의 초기상태는 ①이고, 도 3의 임계확인신호(T)와 진입확인신호(S)에 따라 상태가 변하게 되고, 고장상태(③)에서 일정시간 이상 머물러 있게 되면 차단기 트립 상태(⑨)로 이동하여 트립신호를 출력한다.

<68> 상기 표 1은 계통에서 발생하는 사건에 따라 도 4의 상태값이 변화하는 것을 나타낸 표이다.

<69> 고장이 발생하였을 때는 고장상태(③)로 천이하여 고장으로 판단하고, 2초 이상 머물러 있게 되면 차단기 트립상태(⑨)로 이동하여 차단기 트립신호를 출력한다. 하지만, 고장이 아닌 부하 침범만이 발생하면 부하침범상태(⑤)로 천이하여 고장으로 판단하지 않는다.

<70> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 계통상태에 따른 신호 S, T의 변화를 나타낸 도면으로서, 다음과 같은 계통 변화에 따른 신호인 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)의 변화를 나타낸 그림이다.

<71> 도 5a는 고장발생에서 고장제거로 진행되는 변화를 나타내고,

<72> 도 5b는 부하증가에서 부하감소로 진행되는 변화를 나타내고,

<73> 도 5c는 부하증가에서 부하차단으로 진행되는 변화를 나타내고,

<74> 도 5d는 부하증가에서 고장발생로 진행되는 변화를 나타내고있다.

<75> 상기 도 5b, 도 5c, 도 5d 와 같이 부하의 증가에 따라 부하침범이 발생하면 고장이 발생하지 않아도 정상신호(S)가 출력되므로, 진입확인신호(S)만으로는 고장을 정확하게 검출할 수 없다. 하지만, 진입확인신호(S)를 임계확인신호(T)와 함께 사용하면 고장을 정확하게 검출할 수 있다.

<76> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 154kV의 3모선 양단계통도로서, 각각의 모선에 부하가 연결되어 있고, 모선 1에 계전기가 연결되어있다. 그리고, 존(zone) 3에 해당하는 모선 2와 모선 3 사이 선로에서의 3상고장 발생, 모선 2 부하의 증가와 부하 차단 등의 조건에서 본 발명의 알고리즘을 적용하였다.

<77> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면으로서, 상기 도 6에서의 모선 2와 모선 3 사이에서 3상고장이 발생하였을 때, 계전기에서의 피상 임피던스는 존에 진입하게 되고 진입확인신호(S)는 "1"을 출력된다.

<78> 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 전류의 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면으로서, 상기 도 6에서의 모선 2와 모선 3 사이에서 3상고장이 발생하였을 때, 계전기에서 전류의 고조파 성분 크기의 합은 임계값을 초과하게 되고 임계확인신호(T)는 "1"을 출력된다.

<79> 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 3상고장 발생시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면으로서, 모선 2와 모선 3 사이에서 3상고장이 발생하였을 때, 발생된 진입확인신호(S), 임계확인신호(T)에 따라 상태가 ①-②-③로 천이하여 최종적으로 차단기 트립 상태인 ⑨로 천이한다.

<80> 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가할 때, 계전기에서의 피상 임피던스는 천천히 감소하여 존에 진입하게 되고 진입확인신호(S)는 "1"을 출력된다. 그리고, 부하가 차단되면 피상 임피던스는 급격하게 증가하여 존을 빠져 나오게 되면서, 진입확인신호(S)는 "0"을 출력한다.

<81> 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가할 때는 계전기에서 전류의 고조파 성분 크기의 합은 거의 영의 값을 가지기 때문에 임계확인신호(T)는 "0"을 유지하고 있게 된다.

하지만, 부하가 차단되면 고조파 성분 크기의 합은 임계값을 넘어서 임계확인신호(T)는 "1"을 출력한다.

<82> 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 부하증가와 부하차단시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가하면 진입확인신호(S)는 "1"이 되고 임계확인신호(T)는 "0"이 되기 때문에 상태 ①-⑤로 천이하고 부하가 차단되면 ⑤-⑥-⑧-⑦-①로 천이하고 초기상태로 돌아온다. 따라서, 부하침범에 의해 계전기가 오동작 되지 않게 된다.

<83> 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 피상 임피던스 궤적을 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가할 때, 계전기에서의 피상 임피던스는 천천히 감소하여 존에 진입하게 되고, 진입확인신호(S)는 "1"을 출력된다. 그리고, 고장이 발생하면 진입확인신호(S)는 "1"을 계속 유지한다.

<84> 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 고조파 성분 크기의 합을 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가할 때는 계전기에서 전류의 고조파 성분 크기의 합은 거의 영의 값을 가지기 때문에 임계확인신호(T)는 "0"을 유지하고 있게 된다. 하지만, 고장이 발생하면 고조파 성분 크기의 합은 임계값을 넘어서 임계확인신호(T)는 "1"을 출력한다.

<85> 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 중부하시 상태값과 신호 S, T를 나타낸 도면으로서, 모선 2의 부하가 증가하면 진입확인신호(S)는 "1"이 되고 임계확인신호(T)는 "0"이 되기 때문에 상태 ①-⑤로 천이하고, 이때 고장이 발생하면 ⑤-⑥-⑧-③로 천이하여 최종적으로 차단기 트립 상태인 ⑨로 천이한다.

<86> 따라서, 부하의 증가에 따라 계전기가 오동작 되지 않으며 또한, 중부하 상태 하에서 고장을 정확하게 검출할 수 있다.

<87> 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 전체적인 흐름을 나타낸 블록도로서, 전력 전송선로에서 전력계통의 전압과 전류를 이용하여 피상 임피던스의 존(zone) 진입 여부의 로직 신호인 진입확인신호(S)가 출력되고, 상기 전송선로의 고조파 성분 크기의 합을 구하여, 기 설정된 임계값의 초과 여부에 따른 로직 신호인 임계확인신호(T)가 출력되는 진입확인신호, 임계확인신호 발생단계와, 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)를 상태천이도의 입력으로 사용하여 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)의 변화에 따라 상태천이도의 상태천이가 발생하는 진입확인신호, 임계확인신호의 상태천이 단계 및 상기 상태천이도의 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따른 상태값을 이용하여, 전력계통의 상태를 추정하고 고장, 비고장 또는 부하침범 등을 구분하는 판정단계로 이루어진다.

<88> 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이를 나타낸 상태천이도로서, 초기상태(S1)에서 도 16에서의 진입확인신호(S: 이하, S신호라 함)와 임계확인신호(T: 이하, T신호라 함)의 입력상태에 따라 S신호와 T신호의 변동이

없을 때(S11)에는 현 상태를 유지하고, S신호만 "1"로 변경되었을 경우 즉, 존(zone) 3에 진입한 경우(S12), 부하침범상태(S5)로 천이되거나, S신호에 상관없이 T신호가 "1"로 변경되었을 경우 즉, 임계값을 초과하였을 경우(S12) 고장발생이 진행되는 고장발생 진행상태(S2)로 천이된다.

<89> 상기 고장발생 진행상태(S2)로 천이 된 후에는 S신호와 T신호의 변동이 없을 때 (S21)에는 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"으로 변경된 경우(S22) 즉, 존 (zone) 3에 진입하지 않으며, 임계값을 초과하지 않았을 경우에는 상기 초기상태로 천이 되며, T신호에 상관없이 S신호만 "1"로 변경되었을 경우 즉, 존(zone) 3에 진입한 경우 (S22), 고장상태(S3)로 천이된다.

<90> 상기 고장상태(S3)로 천이된 후에는 타이머가 구동되어 일정시간이 지연되면(S31) 차단기가 트립되는 차단기 트립상태(S9)로 천이되며, 그렇지 않을 경우, S신호와 T신호의 변동이 없을 때(S32)에는 현 상태를 유지하고, S신호가 변동이 없는 상태에서 T신호가 변동이 없거나 "1"로 변경되었을 경우 즉, 임계값을 초과하였을 경우(S33) 상기 초기 상태(S1)로 천이되며, S신호와 T신호가 "1,1"로 변경된 경우(S33) 즉, 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과하였을 경우(S33)에는 상기 고장제거 진행상태(S4)로 천이된다.

<91> 상기 고장제거 진행상태(S4)로 천이된 후에는 S신호와 T신호가 변동이 없을 경우 (S41)에 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"으로 변경된 경우(S42) 즉, 존 (zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과하지 않았을 경우(S42)에는 상기 초기상태(S1)로 천이되거나, S신호와 T신호가 "1,0"으로 변경된 경우, 즉, 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과하지 않았을 경우(S42)에는 상기 고장상태(S3)로 천이된다.

<92> 한편, 상기 부하침범상태(S5)로 천이되었을 경우에는 S신호와 T신호가 변동이 없을 경우(S51)에 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"또는 "0,1"로 변경된 경우(S52) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과하지 않았을 경우 또는 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과한 경우에는 상기 초기상태(S1)로 천이되거나, S신호와 T신호가 "1,1"로 변경된 경우(S52) 즉, 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과한 경우에는 1차 부하차단 또는 고장상태(S6)로 천이된다.

<93> 상기 1차 부하차단 또는 고장상태(S6)로 천이된 후에는 S신호와 T신호가 변동이 없을 경우(S61)에 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"으로 변경된 경우(S62) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과하지 않았을 경우에는 상기 초기상태(S1)로 천이되거나, S신호와 T신호가 "0,1"로 변경된 경우(S63) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과한 경우에는 부하차단 진행상태(S7)로 천이되거나, S신호와 T신호가 "1,0"으로 변경된 경우, 즉, 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과하지 않았을 경우(S63)에는 2차 부하차단 또는 고장상태(S8)로 천이된다.

<94> 상기 2차 부하차단 또는 고장상태(S8)로 천이된 후에는 타이머가 구동되어 일정시간이 지연되면(S81) 상기 고장상태(S3)로 천이되며, S신호와 T신호가 "1,0"또는 "1,1"로 변경된 경우(S52) 즉, 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과하지 않았을 경우 또는 존(zone) 3에 진입하고, 임계값을 초과한 경우에 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"으로 변경된 경우(S62) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과하지 않았을 경우에는 상기 부하차단 진행상태(S8)로 천이되거나, 그렇지 않을 경우에는 상기 초기상태(S1)로 천이된다.

<95> 한편, 상기 부하차단 진행상태(S7)로 천이된 경우에는 S신호와 T신호가 변동이 없을 경우(S71)에 현 상태를 유지하고, S신호와 T신호가 "0,0"으로 변경된 경우(S72) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않고, 임계값을 초과하지 않았을 경우에는 상기 초기상태(S1)로 천이되거나, S신호만 "0"으로 변경된 경우(S72) 즉, 존(zone) 3에 진입하지 않은 경우에는 상기 고장발생 진행상태(S3)로 천이된다.

<96>

<97> 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 많은 변형이 가능함은 명백할 것이다.

【발명의 효과】

<98> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법은, 고조파를 이용한 방법과 기존의 피상 임피던스를 이용한 방법을 결합하여 계통의 상태를 추정하고 고장을 검출함으로써, 거리 계전기의 오동작 가능성을 감소시키고 보다 신뢰성 있는 동작을 할 수 있게 된다.

<99> 아울러, 상태천이도를 이용하여 고장이외의 현재 계통 상태천이도 추정할 수 있다. 특히, 기본 주파수의 정수배인 고조파를 이용함으로써, 하드웨어의 수정 없이도 소프트웨어의 간단한 변경만으로 구현 할 수 있다는 측면에서 효과가 클 것으로 기대된다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

전력 전송선로에서 전력계통의 전압과 전류를 이용하여 피상 임피던스의 궤적이 존(zone)으로의 진입 여부에 따른 진입확인신호(S)가 발생되고, 상기 전송선로의 고조파 성분 크기의 합을 구하여, 기 설정된 임계값의 초과 여부에 따른 임계확인신호(T)가 발생하는 진입확인신호 및 임계확인신호 발생단계;

상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)를 상태천이도에 적용시켜 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)의 변화에 따라 상태천이가 발생하는 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이단계; 및

상기 상태천이도에서 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따른 상태천이 과정을 판독하여, 전력계통의 상태를 추정하고 고장, 비고장 또는 고장이 아닌 부하의 증가에 의해 피상 임피던스의 궤적이 존(zone)영역으로 들어가는 현상인 부하침범을 구분하는 판정단계;

를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 임계확인신호는

고조파 성분 크기의 합인 $H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$ 으로 계산되어 발생되며,

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk}$$

이때, 고조파 성분인 $= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)$ 로 정의된 것을 특징

으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

이때, $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$, $x_k = x[t - (N-1) + k]$

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 진입확인신호 및 임계확인신호의 상태천이 단계는

초기상태 (S1)에서 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)의 입력에 대해 부하의 증가에 따라 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지면 부하침범상태(S5)로 천이되거나, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 고장발생 진행상태(S2)로 천이되는 단계;

상기 고장발생 진행상태(S2)로 천이된 후에 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소하여 존(zone) 3 밖으로 나가거나 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작아지면 초기상태(S1)로 천이되거나, 임계값을 넘어선 상태에서 부하가 증가하여 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지면 고장상태(S3)로 천이되는 단계;

상기 고장상태(S3)로 천이된 후에 시간지연에 따라 차단기가 트립되는 차단기 트립상태(S9)로 천이되거나, 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라

입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하가 감소되어 존(zone) 3 밖으로 진입하게 되면 초기상태(S1)로 천이되거나, 부하가 증가된 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 고장제거진행상태(S4)로 천이되는 단계; 및

상기 고장제거진행상태(S4)로 천이된 후에 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 증가에 따라 존(zone) 3으로의 진입을 유지한 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값 보다 작게되면 상기 고장상태(S3)로 천이되는 단계;

를 진행하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서, 상기 부하침범상태로 천이된 이후에

상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입이 이루어지면 초기상태(S1)로 천이되거나, 부하의 증가에 따라 존(zone) 3으로의 진입이 이루어지고, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 1차 부하차단 또는 고장상태(S6)로 천이되는 단계;

상기 1차 부하차단 또는 고장상태(S6)로 천이된 후에 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를

유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입이 이루어지고, 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작아지면 초기상태(S1)로 천이되거나, 부하의 증가가 유지되면 부하차단 진행상태(S7)와, 2차 부하차단 또는 고장상태(S8)를 선택적으로 천이 되는 단계; 및

상기 2차 부하차단 또는 고장상태(S8)로 천이된 후에 시간지연에 따라 상기 고장 상태(S3)로 천이되거나, 상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로 진입된 상태에서 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값을 넘게 되면 상기 부하차단 진행상태(S7)로 천이되는 단계;

를 더 진행하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서, 상기 부하차단진행상태로 천이된 이후에

상기 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 입력되는 신호의 변동사항이 없을 경우에는 현 상태를 유지하거나, 부하의 감소에 따라 존(zone) 3 밖으로의 진입되고 고조파 성분 크기의 합이 기 설정된 임계값보다 작아질 경우에는 초기상태(S1)로 천이되거나, 부하의 증가가 그대로 유지하게 되면 고장발생 진행상태(S2)로 천이되는 단계를 더

진행하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 6】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 고장발생 진행상태(S2) - 고장상태(S3) - 차단기 트립상태(S9)로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 고장이 발생한 상태에서 시간지연에 따라 고장이 제거되지 않아 차단기가 트립된 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 7】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 고장발생 진행상태(S2) - 고장상태(S3) - 고장제거 진행상태(S4) - 초기상태(S1) 또는 초기상태(S1) - 고장발생 진행상태(S2) - 고장상태(S3) - 초기상태(S1)로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 고장이 발생한 상태에서 주보호에 의해 고장이 제거됨으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 8】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 부하침범상태(S5) - 초기상태(S1)로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가된 상태에서 존(zone) 3의 영역에서 벗어나 부하가 감소된 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 9】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 부하침범상태(S5) - 1차 부하차단 또는 고장상태(S6) - 2차 부하차단 또는 고장상태(S8) - 초기상태(S1)로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가된 상태에서 고장이 발생된 후 부하가 차단됨으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【청구항 10】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 부하침범상태(S5) - 1차 부하차단 또는 고장상태(S6) - 2차 부하차단 또

는 고장상태(S8) - 고장상태(S3) - 차단기 트립상태(S9)로 천이되면, 거리 계전기의 존(zone) 3에 진입하여 부하가 증가된 상태에서 고장이 발생된 후 시간지연에 따라 고장이 제거되지 않아 차단기가 트립되는 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

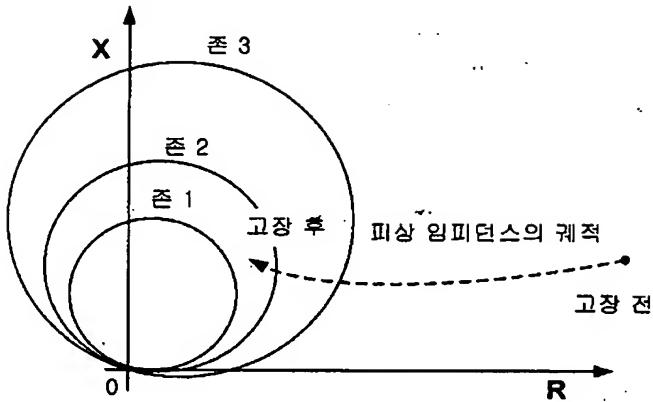
【청구항 11】

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 판정단계는

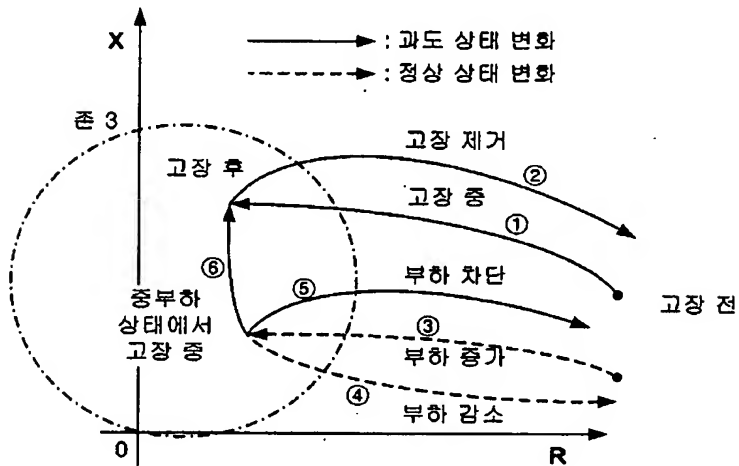
상기 입력되는 진입확인신호(S)와 임계확인신호(T)에 따라 상태천이 되는 과정이 초기상태(S1) - 고장발생상태(S2) - 초기상태(S1)로 천이되면, 고장이 발생하는 도중 부하가 차단되었음으로 판정하는 것을 특징으로 하는 전송선로에서 고조파와 상태천이도를 이용한 고장 검출 방법.

【도면】

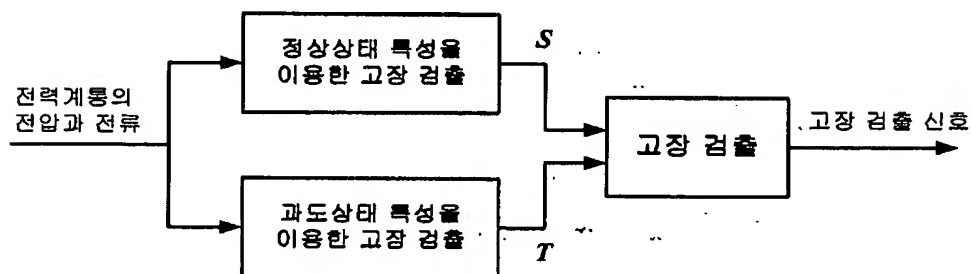
【도 1】



【도 2】

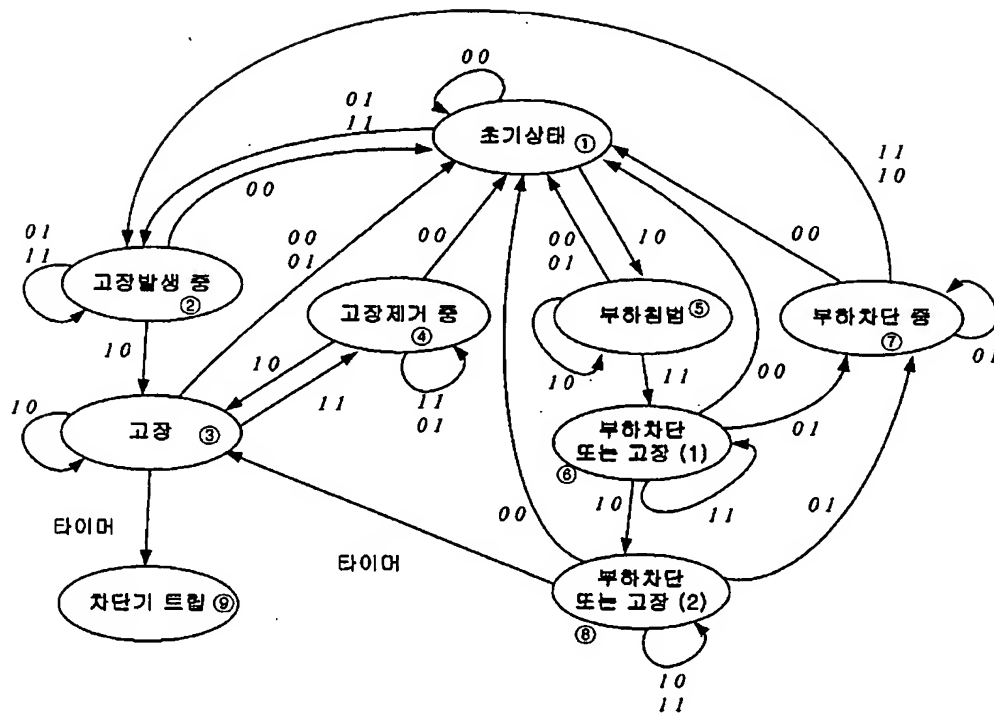


【도 3】

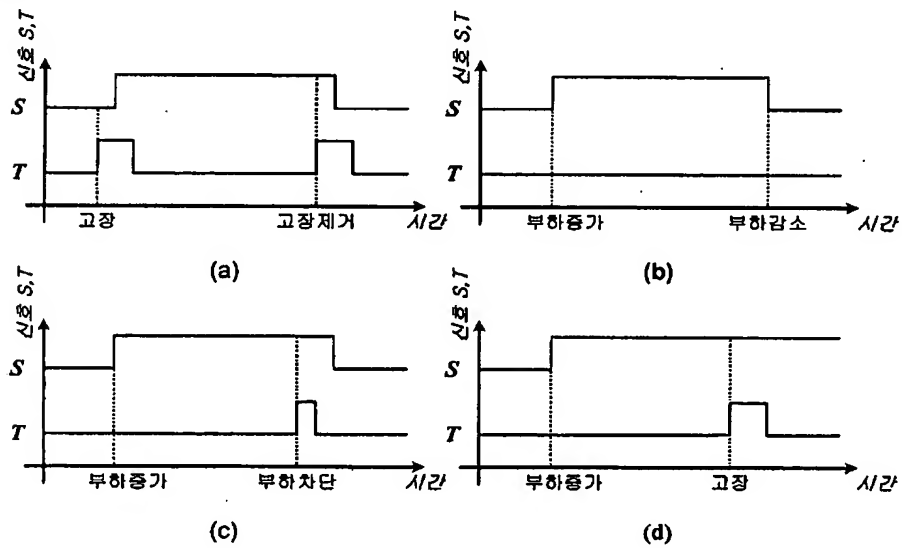


【도 4】

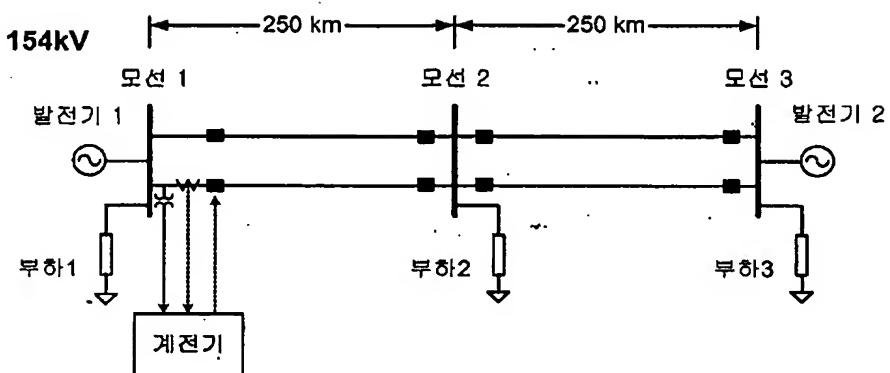
S-T



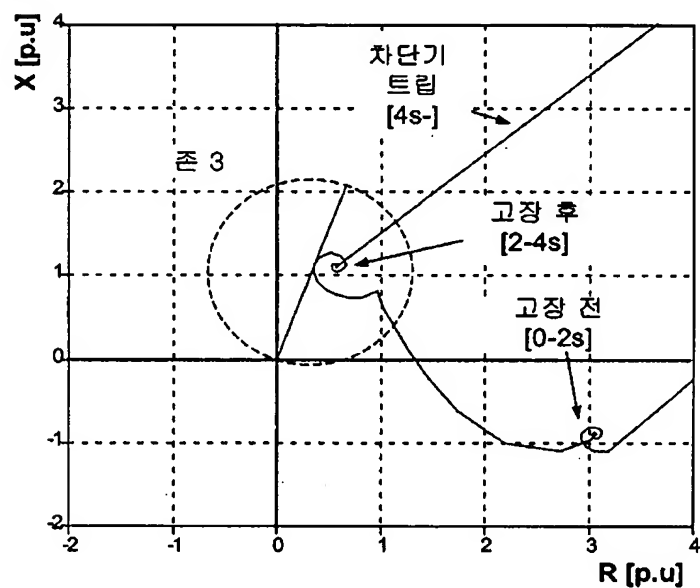
【도 5】



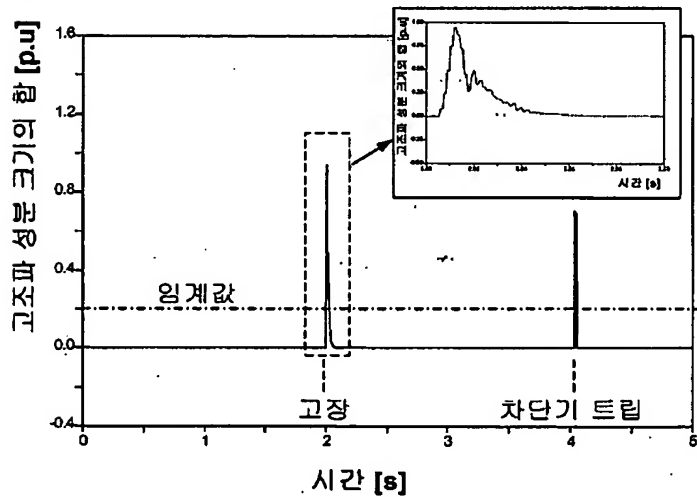
【도 6】



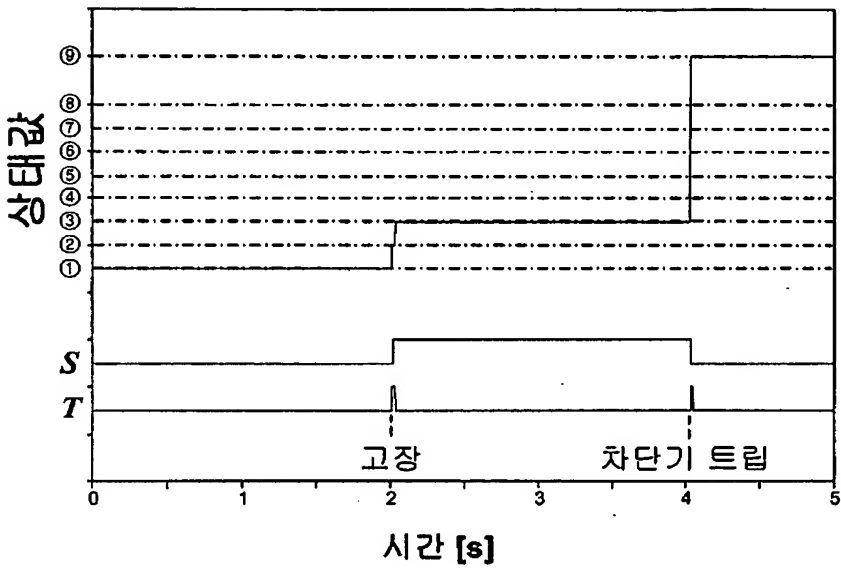
【도 7】



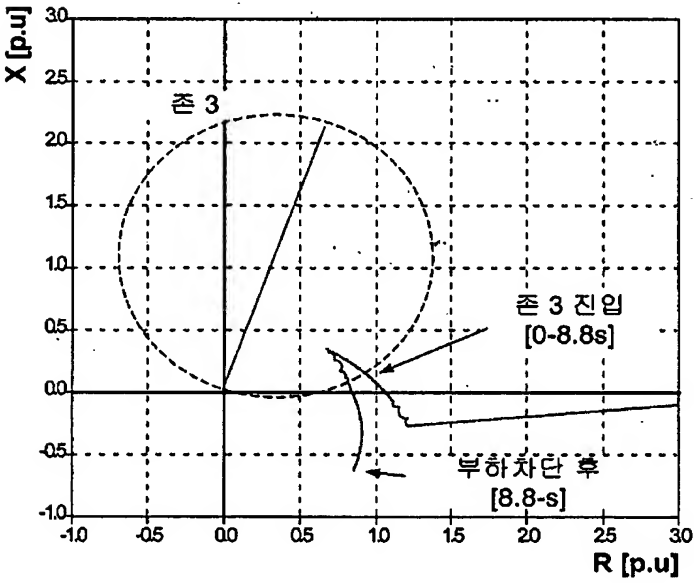
【도 8】



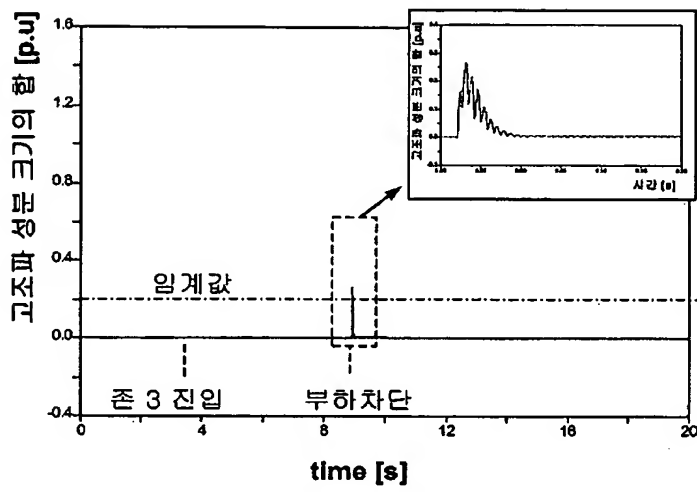
【도 9】



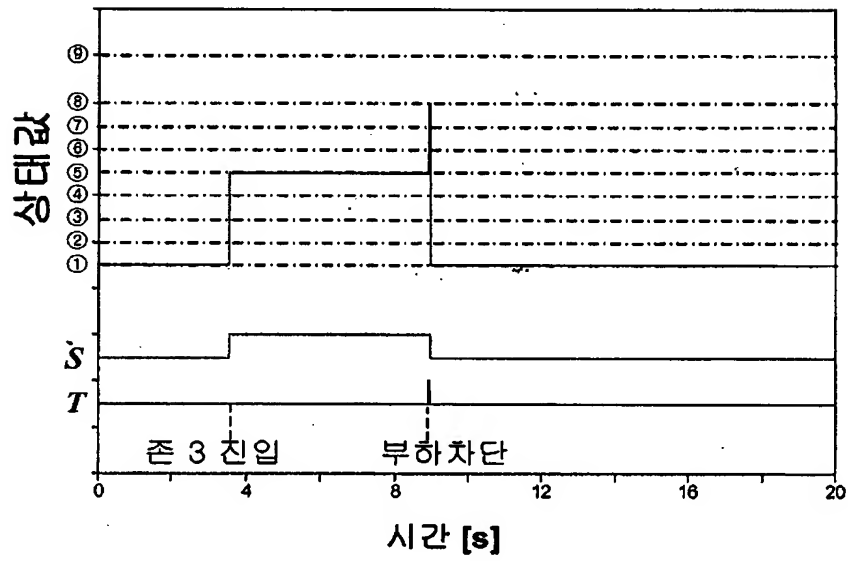
【도 10】



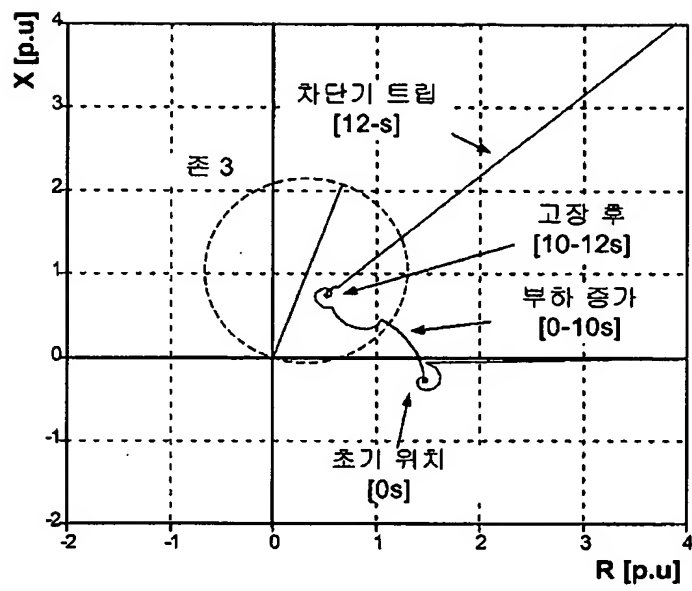
【도 11】



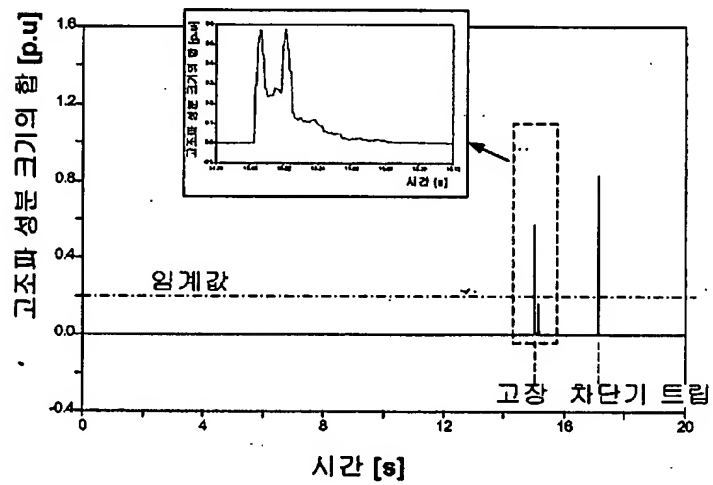
【도 12】



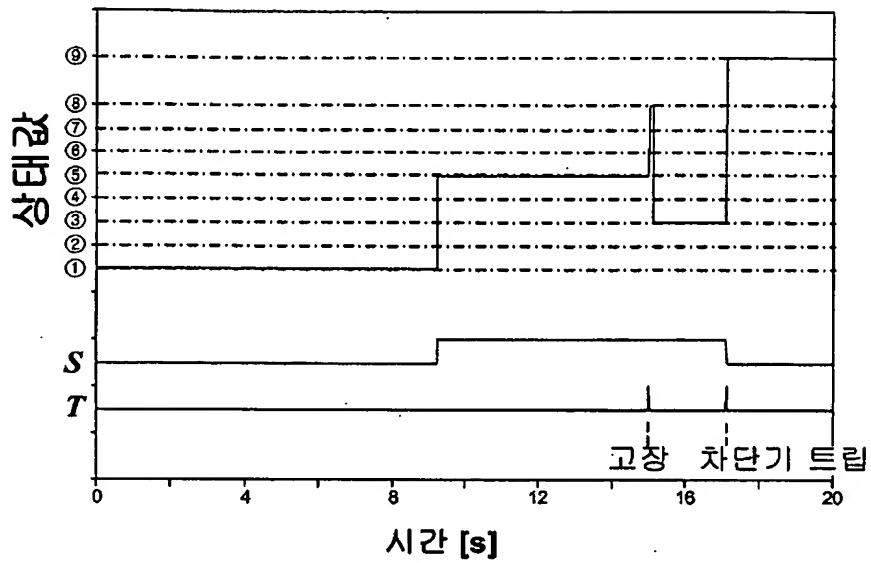
【도 13】



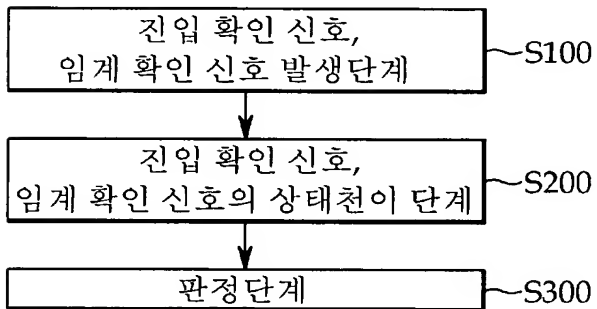
【도 14】



【도 15】



【도 16】



【도 17】

